



TITLE:

虫様突起の平滑筋細胞とその支配 自律神経末梢との関係についての 電子顕微鏡による追究

AUTHOR(S):

山本, 輝雄

CITATION:

山本, 輝雄. 虫様突起の平滑筋細胞とその支配自律神経末梢との関係についての電子顕微鏡による追究. 日本外科宝函 1959, 28(6): 2258-2278

ISSUE DATE:

1959-07-01

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/206932>

RIGHT:

虫様突起の平滑筋細胞とその支配自律神経末梢 との関係についての電子顕微鏡による追究

京都大学医学部外科学教室第2講座 (指導: 青柳安誠教授)

山 本 輝 雄

(原稿受付 昭和34年6月19日)

ELECTRON MICROSCOPE RESEARCH ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE CELLS IN SMOOTH MUSCLE TISSUE OF THE PROC. VERMIFORMIS AND THE AUTONOMIC PERIPHERY INNERVATING THEM

by

TERUO YAMAMOTO

From the 2nd Surgical Division, Kyoto University Medical School
(Director: Prof. Dr. YASUMASA AOYAGI)

The relationship between the smooth muscle cells and the autonomic periphery has been studied by many authors. Concerning this problem, the neuron theory in the field of the physiology, was the most prevailing one.

But, that theory was denied by some of the morphologists — Stöhr, Boeke and others——, whose study was based upon the light microscope. And what objects to the neuron theory is the concept of the closed nervous network in the autonomic nerve endings.

Since then, the terminal network has been believed as the nerve ending itself. But Boeke pointed out the existence of the periterminal reticulum which extends from the terminal network to the effector cells.

Are there any difference between these light microscopic observations and submicroscopic observations? How are nervous impulses to be transmitted to the effector cells, if the terminal network is the nerve ending? Is there no free ending extending to effector cells themselves, *synapse plexiforme à distance* being constructed as JABONERO assumed? Do SCHWANN cells, constituting the "Syncytium", sheathe the nervous fibrilnet? Is the naked terminal network in existence? Does the terminal network combine plasmatically with the smooth muscle cell?

The present research was begun to solve these questions. The materials used in this study were removed from the Proc. vermiformis of a patient, human adult male, operated by ourselves.

Each cell in smooth muscle tissue of the appendix shows very irregular and various forms. They are separated distinctly with the basement membrane from

each other, and the collagen fibrils are found in most of the intermuscular spaces. The cytoplasm of a smooth muscle cell is completely cut off with the plasma membrane from outside of a cell. The plasma membrane is always covered with the basement membrane.

This fact forces us to admit that the smooth muscle cells of human alimentary tract are also nonsyncytial, and leads us to assume that each autonomic nerve ending extends as far as each effector cell.

The sheath cell of the ganglion cell have been regarded as plasmodium or syncytium, and so are the SCHWANN cells in the autonomic periphery. Such conclusions seem to have been drawn from the fact that the distance between the adjacent cells is too narrow to be observed with the light microscope. In the sheath cells of the ganglion cell belonging to the MEISSNER's plexus, border lines are recognized between them. And the SCHWANN cells in the AUERBACH's plexus are also separated from each other. Even where one axon passes through one SCHWANN cell to the adjacent one, these two SCHWANN cells are separated distinctly with double lines.

The diameter of the axon does not become extremely minute, even where it comes near its ending.

What has been called "*Neurofibrillen*" in the autonomic periphery is really a great mass of axons which are running in the plexus and in the intermuscular spaces, and the "*Interstitielle Zelle*" is none other than the SCHWANN cell. The size of the axons in the intermuscular regions varies from visible to invisible one with the light microscope. And the distance between adjacent axons is often too narrow to be measured with it.

In such cases, it would be natural that the axons were recognized to be anastomosing each other in the light microscope study. And the concept of the terminal network seems to have been drawn from such cognition. We shall not greatly err if we regard the terminal network called by various names as a naming given to the structure a step proximal of the nerve ending itself. From the close observation of the part, where the axon penetrates into the smooth muscle cell, it would be hard to deny the existence of the free ending of the autonomic nerve.

The axon is always covered with the SCHWANN cell outside of the smooth muscle cell. And in the muscle cell, the muscle plasma membrane encloses the axon instead of the SCHWANN cell. Plasmatic combination of the axon and the smooth muscle cell is not observed. In this part, the diameter of the axon expands to twice or more of that which is found outside of the muscle cell.

Even if the intramuscular expansion may not be the free ending in reality, at least it must be regarded as a special form of the closed terminal network at the neuromuscular junction. But when we infer the state of the nerve ending of the striated muscle as analogue to this, we may safely conclude that the ending which is mentioned above is the free ending itself.

The result of our observation leads us to support the neuron theory, in the field of the morphology.

It may here be remarked incidentally that the medullated nerve fibres are not

observed throughout our research.

CONCLUSION

Using the human appendix as materials, we made the electron microscope study on the relationship between the smooth muscle cells and the autonomic periphery.

The results are as follows:

- 1) "*SCHWANN'sches Leitplasmodium*", and "*Hüllplasmodium*" of the ganglion cell in the MEISSNER's plexus, are both nonsyncytial. The boundary lines are clearly observed between the adjacent cells.
- 2) The axon is sheathed with the SCHWANN cell as far as it gets to the smooth muscle cell and becomes naked after it gets inside of the smooth muscle cell.
- 3) The autonomic nerve innervating the smooth muscle tissue of the alimentary tract possesses what may be regarded as the free ending or the synaptic expansion. Plasmatic combination of the axon and the smooth muscle cell is not observed.

緒 言

平滑筋細胞と自律神経末梢との関係は多くの研究者によつて追究されて来た。最初、この問題については、生理学の分野における Neuron theory が最も有力なものであつたが、それはまず光学顕微鏡を用いて研究を進めた Stöhr や Boeke 等のような形態学者によつて否定された。それ以来、形態学者の間では自律神経終末は閉鎖性網様構造をとるという考え方が次第に多くの支持を受けるようになり、そして終末網様構造は神経終末そのものとしてこれらの人々に固く信じられて来たのである。しかし、Boeke はその網様構造から更に "Periterminal reticulum" が effector cells にのびている事を指摘している。ところでこれらの光学顕微鏡下の認識は電子顕微鏡下においてもやはり事実として認められるであろうか？ もし終末網様構造が神経終末そのものであるならば、神経刺戟はどのようにして effector cells に伝えられるであろうか？ Jabonero が仮定するように Synapse plexiforme à distance をつくつて、effector cells に直接終る遊離終末は無いのか？ Schwann 細胞は神経網を包んで Syncytium となるか？ 裸の終末網様構造は存在するか？ 終末網様構造は平滑筋細胞と原形質的に結合しているか？

これらの疑問を解くために、この研究を始めた。

試 料 及 び 方 法

試料としては手術によつて摘出した青年男子の虫様突起を用いた。試料の固定は、pH 7.3 の isotonic sucrose-phosphate buffer solution を加えた 1% オスミウム酸液中で 15 時間。次いでアルコール系列で 4 時間脱水。脱水後、n-butylmethacrylate (60%) 及び methylmethacrylate (40%) の混合物に室温、氷室各 1 時間宛浸漬、その後、試料小片を同上 methacrylate 混合物中に包埋、55°C 10 時間にて重合、ブロックを作製した。次いで Nippon-Ultramicrotome を使つて、ガラスメスで超薄切片を作り、AKASHI TRS 50 を使用して観察した。

観 察 所 見

1) 平滑筋細胞

虫様突起における平滑筋の個々の細胞は極めて不規則、多種多様な形態を示している。そして各細胞は、Caesar, R. E. G. A. 等のいうように、基底膜によつて明瞭に境されていて、多くの場合に膠原線維がその間に介在している (Fig. 1)。平滑筋細胞は中心部に核があり、その周囲に所謂 residual cytoplasm (Häggqvist 1931) を認め、核膜は 2 重で所々に pore を見る。そして residual cytoplasm には endoplasmic reticulum, mitochondria, Palade granules 等が認められる (Fig. 2)。myofilaments は細胞の外層部を占め、これらは原形質膜によつて完全に外部と遮断されている。原形質膜はその外側に基底膜を伴つていて筋細胞辺縁部には pinocytotic vesicles を認める。

2) 自律神経末梢

Auerbach 神経叢における Schwann 細胞は各々その中に大小様々の多数の axon を抱き込んでいる。Gasser 及び Hess の示した如く、各 axon は Schwann 細胞内に mesaxon によつて吊り支えられた恰好である。ここに見られる axon の太さは $1.3\mu\sim 0.05\mu$ で、隣接 axon 間の間隔は $0.9\mu\sim 0.04\mu$ 、或はそれ以下である。各 Schwann 細胞の胞体は互に膠原線維によつて境されていて、胞体間が密に接触している部分も明瞭に夫々膜構造によつて区別される。隣接する Schwann 細胞間の間隔は $1.2\mu\sim 0.03\mu$ 、或はそれ以下で、各 Schwann 細胞は立体的に積み重なり、axon は種々の方向に向つて、多くの Schwann 細胞鞘内をつきぬけて effector cells の方へ伸びている。Schwann 細胞の数が axon の数に比較してはるかに少ないために、Schwann 細胞の核存在部は、種々の方向に走る axon の流れの中に取り残された、まるで中州のように見える。axon が1つの Schwann 細胞から隣接する Schwann 細胞に貫通する場所でも、これら両 Schwann 細胞は2重線によつて明瞭に境されている (Fig. 3, 5, 6)。以上の所見は、所謂 Leitplasmodium の Schwann 細胞は syncytium ではあるまいという事を示しているものである。神経節細胞 (これは Meissner 神経叢に属するものであるが) の外套細胞にも細胞境界が認められる (Fig. 4)。

Auerbach 神経叢を出て axon は筋細胞間に分散するが、そこでも Schwann 細胞の核存在部を散見する (Fig. 7)。1つの Schwann 細胞に包まれている axon は尚、多数である。

Schwann 細胞は殆ど筋細胞間隙を満し、筋細胞とは膠原線維によつてへだてられていて、而もその膠原線維の幅は $0.5\mu\sim 0.15\mu$ 、或はそれ以下である。Schwann 細胞の内部には mitochondria と共に endoplasmic reticulum, Golgi 内網装置等を認める (Fig. 8, 9)。

又、2～数個の axon が Schwann 細胞の実質の介在なしに、直接 axon の原形質膜によつて互に相接する axon 群を認める。この際、外側の Schwann 細胞性の原形質膜はこれら axon 群を一括して包んでいる。これらの axon の状態は、axon が分枝乃至吻合して互に斜走する事を暗示していて、隣接する axon 間の間隔は $0.7\mu\sim 0.1\mu$ 、或はそれ以下である (Fig. 8, 9, 10)。事実、axon は分枝的像を示すが、分枝相互の間隔は約 0.1μ である (Fig. 13)。

axon は Schwann 細胞に包まれて更に effector cells に向つて分散をつづけ、筋細胞間におけるその数は次第に減じて終には1～数個になる。隣接 axon 間の間隔は $0.45\mu\sim 0.1\mu$ 、或はそれ以下である (Fig. 11, 12)。Schwann 細胞と筋細胞を境する膠原線維は所々認められなくなり或る場所では、Schwann 細胞が平滑筋細胞の突起を密に取り囲み、axon は筋細胞にびつたりとくつつくような位置をとつている (Fig. 11)。平滑筋細胞間における axon の太さは $1.2\mu\sim 0.1\mu$ で、mitochondria は axon の一横断面について数個を越えず、その形態は多様である。

さて、axon は平滑筋細胞の中に現われる (Fig. 14) が、恰度筋細胞に抱き込まれたかのように見える。axon の内部には neurofilaments が認められ、mitochondria, vesicles 等は見られない。axon の原形質膜は筋細胞の原形質膜に密に接している。axon は Schwann 細胞に包まれておらず、筋細胞の接触部位には基底膜を認めない。axon の大きさは 2.0μ で、今まで観察して来た如何なる axon よりも太く、その最大の axon の約2倍、最小の axon の約20倍である。しかし、今1つの筋細胞内の axon は太さ 1.2μ 乃至 1.3μ で (Fig. 15, 16)、その原形質膜は筋細胞の原形質膜に密に接し、両者の間隔は約 $16m\mu$ である。axon と筋細胞の間には原形質的結合は見られない。axon の内部には neurofilaments を認め mitochondria の周囲に endoplasmic reticulum が見られる。mitochondria は axon の一断面につき3乃至8個で、その大きさは $0.5\mu\sim 0.06\mu$ である。この神経-筋接合部において、axon にも筋細胞にも所謂 synaptic vesicles は認められない。

考 按

近時、電子顕微鏡下に組織形態学は大いなる発展を遂げつつある。昔から Syncytium と考えられて来た心筋について、Moore, D. H. 及び Ruska, H. は犬、ラッテ、及びマウスを用いて電子顕微鏡の研究を試みた結果、その nonsyncytial な事を指摘した。更に又、Caesar, R. E. G. A. 及び Ruska, H. はマウスの胆嚢、膀胱及び子宮の平滑筋を詳細に観察してその nonsyncytial な事を記載した。われわれの本研究結果からも、人間の消化管の平滑筋細胞が nonsyncytial であるという事を充分肯定することができるのである。即ちこの事実は又、自律神経終末が個々の平滑筋細胞に夫々終る可能性、即ち筋細胞に終る遊離神経終末の存

在を推定せしめる。

従来、神経節細胞の外套細胞も自律神経末梢の Schwann 細胞も "Plasmodium" 又は "Syncytium" と考えられて来たが、このような誤謬は従来の光学顕微鏡によれば、夫々の隣接細胞間の間隔が多くの場合に、その分解能の限度を越えて狭小であるということに重要な原因があるようである。(Fig. 4)は神経節細胞の所謂 "Hüllplasmodium" は nonsyncytial である事を示していて、Schwann 細胞に関しても同様である。(Fig. 5)において矢印(1)が示す場所は、1つの axon がその伴っている Schwann 細胞を変える位置にあたっている。何故ならば、矢印(1)が示す2重線は膠原線維の介在によつて明らかなように、mesaxon ではなく細胞境界であつて、この隣接 Schwann 細胞間には細胞実質のつながりは見られない。

axon は終末に近づいても極端に細くはならない。光学顕微鏡下において自律神経末梢部に見られる "Neurofibrillen" は疑いもなく神経叢及び平滑筋細胞間を走る axon 群であり、"Interstitielle Zelle" は Schwann 細胞に他ならない。筋細胞間の axon は光学顕微鏡で見える太さのものから恐らく識別出来ないものまで多数あり、隣接する axon 間の間隔は屢々光学顕微鏡の解像限度を越している。このような際に、光学顕微鏡下では axon 間の吻合として認められ、終網の如き概念を生じたものと考えられる。

axon はその経過中に Schwann 細胞の実質の介在なく互に相接しているが、しかし、axon が単に接触して走っているのか、或は実際に分枝乃至吻合しているのかは現在決定する事は出来ない。今後の追究のみがそれを解決するであろう。

自律神経の終網は、実は真の終末ではなく、その一歩手前の部分を指して名付けたものであろう。平滑筋細胞内への axon の侵入部を観察すれば以下に記載するように自律神経の遊離終末の存在を否定する事は困難である。

axon は平滑筋細胞内に出現する時以外は常に Schwann 細胞を伴うが、併し、筋細胞内では Schwann 鞘を脱して筋細胞の原形質膜に密に接触する。この部分で axon は、たとい球形、楕円形或は他の形の何れであつても、少くとも2倍或はそれ以上に膨大する。この膨大部は遊離終末ではなく、神経-筋接合部において閉鎖性終末網様構造の一部が特異の形をとるものとみなす事も出来る。われわれの観察を通じてこの終末が平滑筋細胞をつきぬけては進まないといひ得

る充分な根拠はない。しかし、横紋筋における神経終末のあり方を analogue として考えると、これを真の遊離終末と考える方が妥当であろう。かくの如き結果は、形態学的に neuron theory を支持せしめるものである。

この際われわれの追究を通じて、有髄神経線維は見当らなかつた。

総 括

人間の虫様突起を試料として平滑筋細胞とその支配自律神経末梢との関係を電子顕微鏡下に追究し次の結論を得た。

- 1) "Schwannsches Leitplasmodium" 及び Meissner 神経叢における神経節細胞の "Hüllplasmodium" は共に nonsyncytial で、これらの個々の細胞間には明らかに境界がある。
- 2) axon は終末に至るまで Schwann 細胞に包まれ、平滑筋細胞内においてのみ Schwann 細胞を脱する。
- 3) 消化管の平滑筋支配の自律神経は遊離終末又は synaptic expansion を持つように思われる。axon と平滑筋細胞との原形質的結合は見られない。

稿を終るにのぞみ、終始御懇切なる御教示を賜りました教室木村忠司助教授並に暖い御厚意、御援助を載いた皮膚科特別研究室西占貢助教授に深い感謝を捧げます。

参 考 文 献

- 1) Caesar, R. E. G. A. and Ruska, H.: Architecture and Nerve Supply of Mammalian Smooth Muscle Tissue. J. Biophysic. and Biochem. Cytol., 3, 867, 1957.
- 2) Couteaux, R.: Morphological and Cytochemical Observations on the Post-synaptic Membrane at Motor End-Plates and Ganglionic Synapses. Exp. Cell Research. Suppl. 5, 294, 1958.
- 3) de Lorenzo, A. J.: Electron Microscopic Observations of the Olfactory Mucosa and Olfactory Nerve. J. Biophysic. and Biochem. Cytol., 3, 839, 1957.
- 4) De Robertis, E. D. P. and Bennett, H. S.: A Submicroscopic Vesicular Component of Schwann Cells and Nerve Satellite Cells. Exp. Cell Research, 6, 543, 1954.
- 5) De Robertis, E. D. P. and Bennett, H. S.: Some Features of the Submicroscopic Morphology of Synapses in Frog and Earth-



Fig. 1 The smooth muscle cells (Sm) are separated distinctly with the basement membrane (Bm) from each other, and cut off with the plasma membrane (Pm) from outside of the cells. The collagen fibrils (Co) are found in most of the intermuscular spaces, and pinocytotic vesicles (Pv) are observed at the rim of the smooth muscle cell. ($\times 18000$)

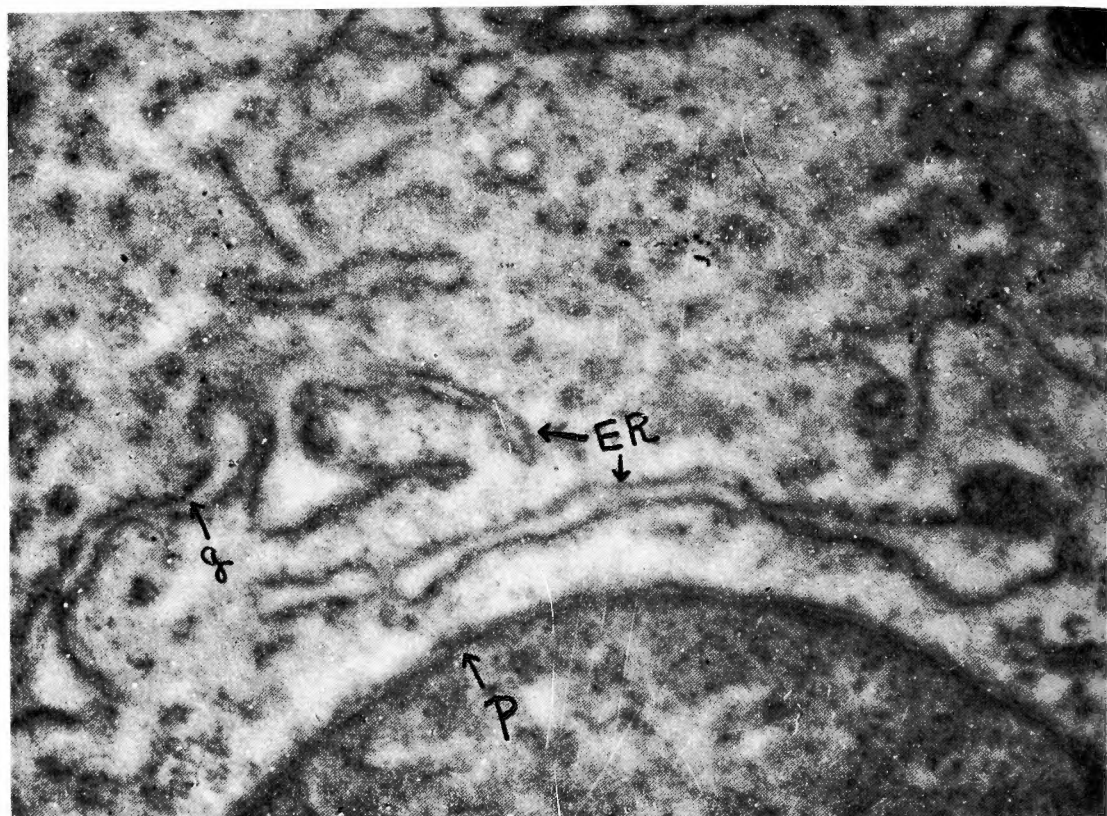


Fig. 2 Nuclear membrane of the smooth muscle cell shows double structure and the pores (P) are found here and there. Endoplasmic reticulum (ER), mitochondria and palade granules (g) etc. are observed in the residual cytoplasm. ($\times 45000$)

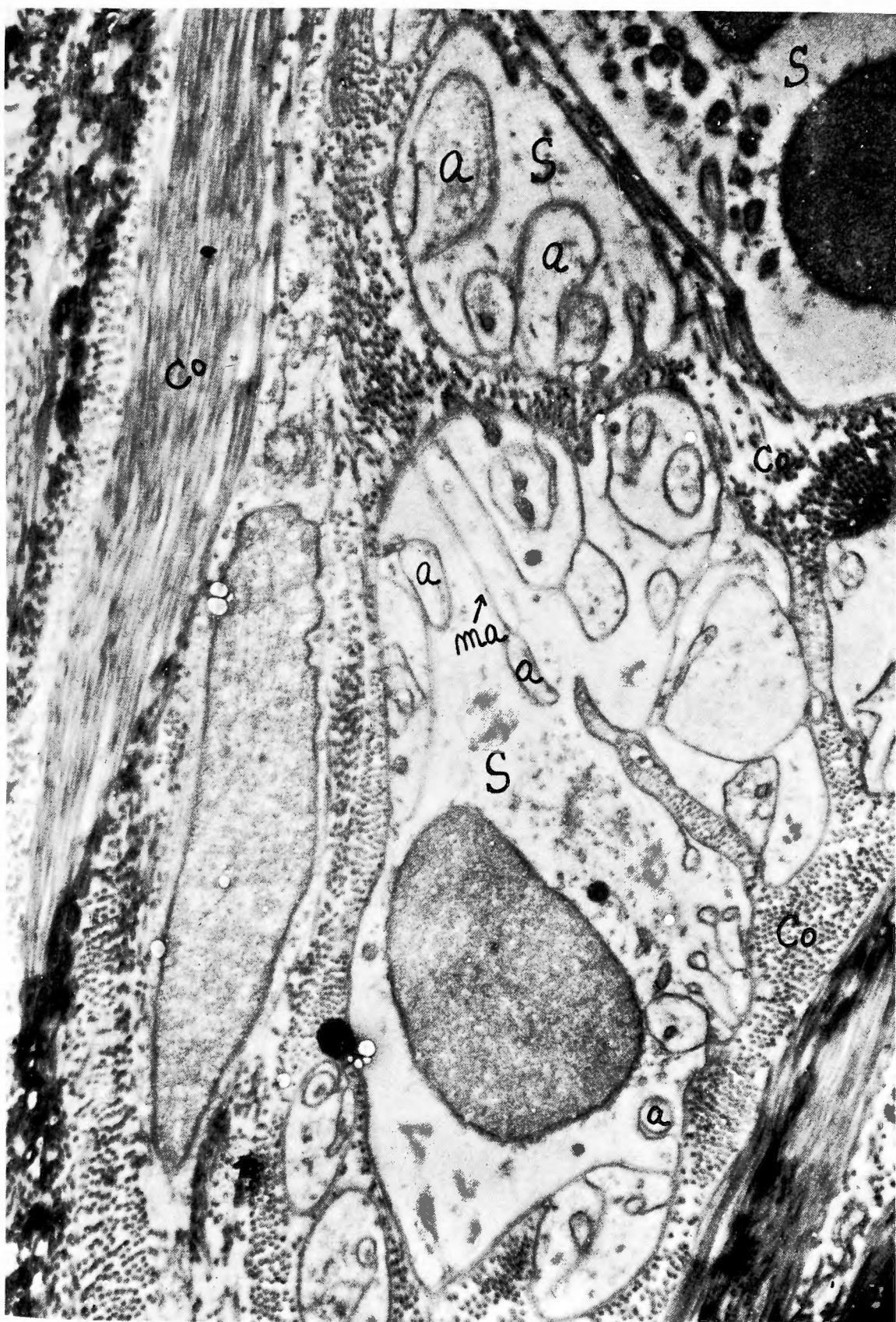


Fig. 3 Each Schwann cell (S) is separated from each other with collagen fibrils (Co) and each axon (a) is suspended with the mesaxon (ma) in the Schwann cell. ($\times 20000$)

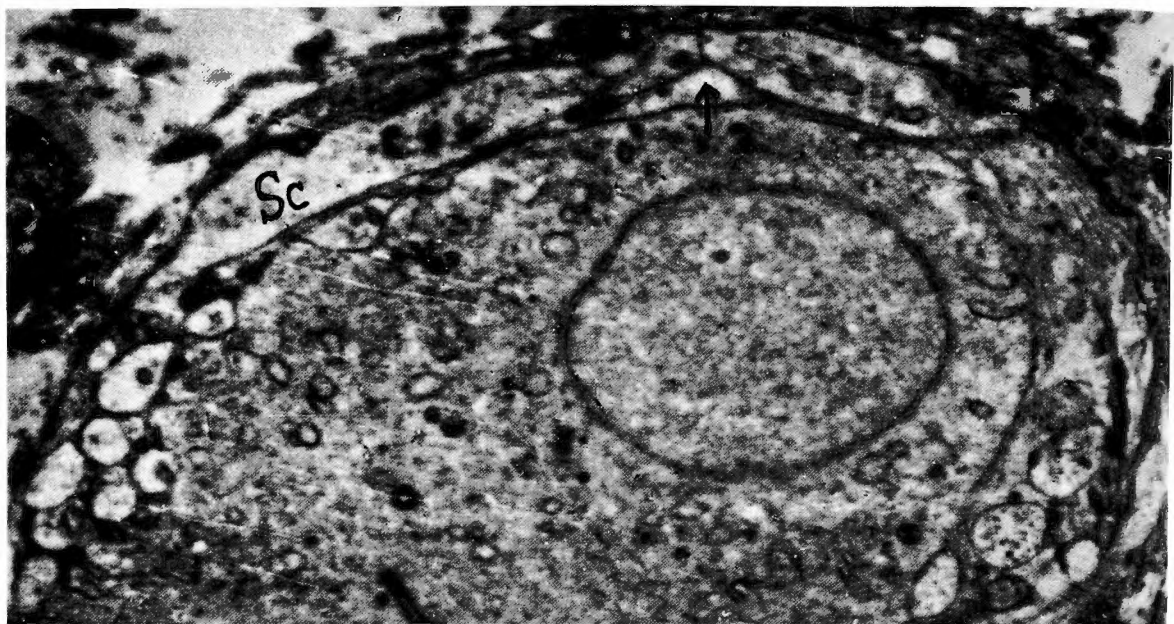
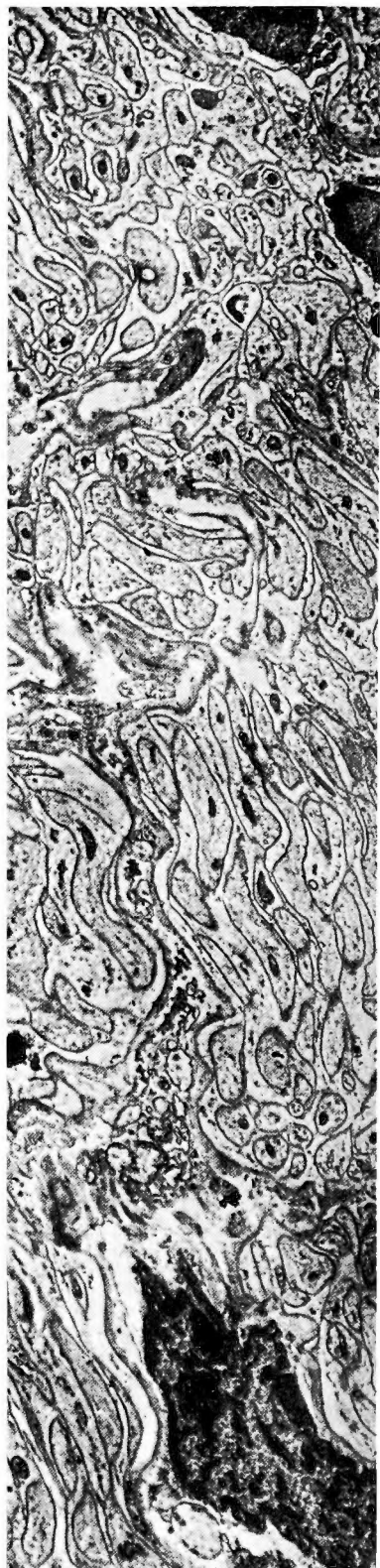


Fig. 4 In the sheath cells (Sc) of the ganglion cell which belongs to the Meissner's plexus, border lines are recognized, as arrow shows, between them. ($\times 16000$)



Fig. 5 In the place where one axon (a) passes through one Schwann cell to the adjacent one, these two Schwann cells (S) are separated distinctly with double line as arrow (1) shows. And even where one Schwann cell (S) closely touches with another, the boundary membrane structure is recognized clearly between them as arrow (2) shows (in the Auerbach's plexus, $\times 18000$).

Fig. 6 The number of the Schwann cells is much fewer than that of the axons in the Auerbach's plexus.
($\times 6000$)



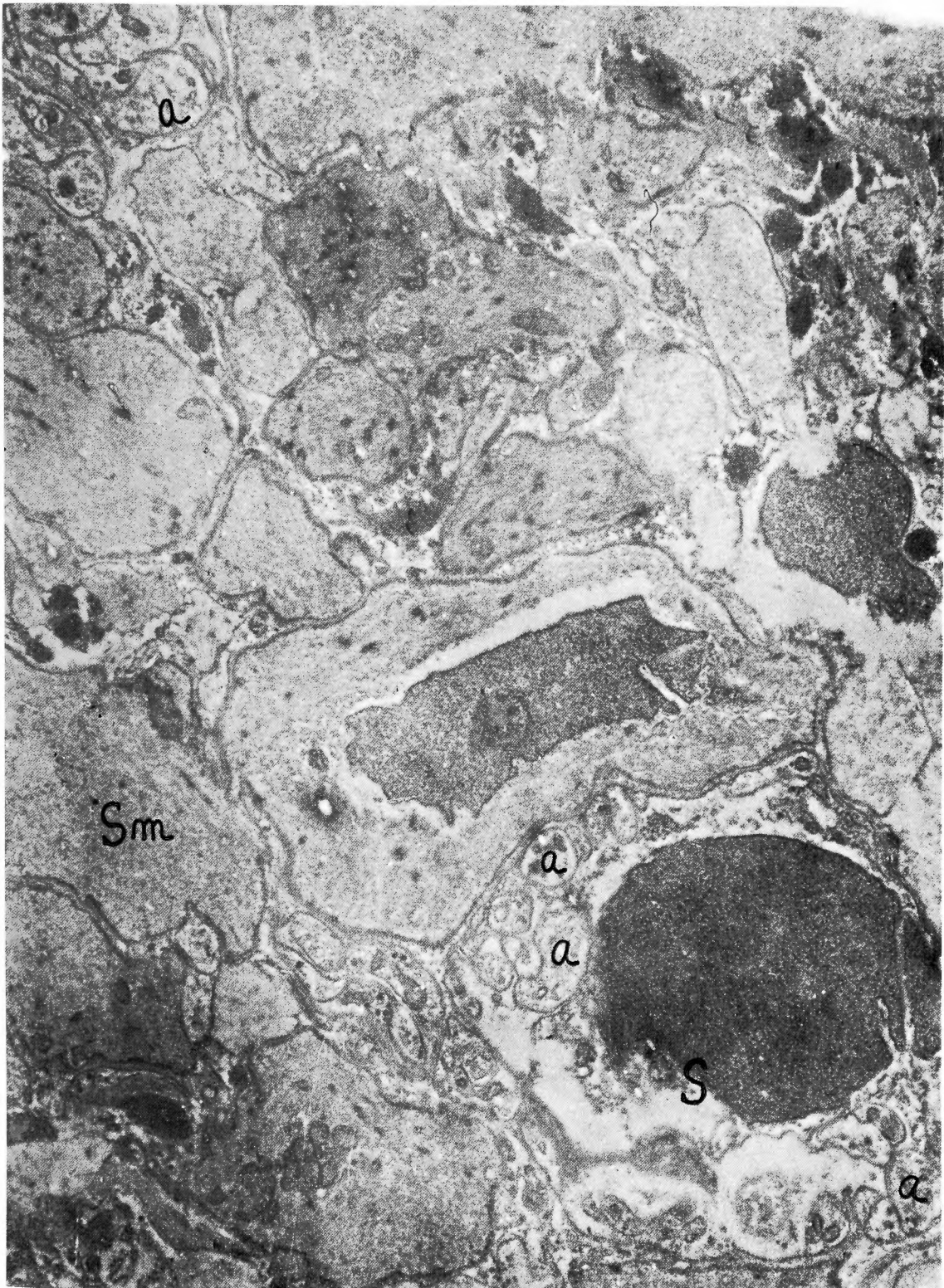


Fig. 7 In the intermuscular spaces, too, portions holding Schwann's nuclei are observed here and there. The axons (a) sheathed with a Schwann cell (s) are also large in number. ($\times 12000$)



Fig. 8 The groups of the axon (a) are found, in which several axons touch closely each other by means of their axonal plasma membranes without the cytoplasm of the Schwann cell (S) existing among them. In this case, these axons, as a whole, are sheathed with another plasma membrane belonging to a Schwann cell, and endoplasmic reticulum (ER) and mitochondria (M), etc., are observed in the Schwann cell. ($\times 36000$)



Fig. 9 The axon diameters in the intermuscular spaces vary from 0.1μ to 1.2μ . Golgi apparatus (G) is observed in the Schwann cell (S). ($\times 36000$)

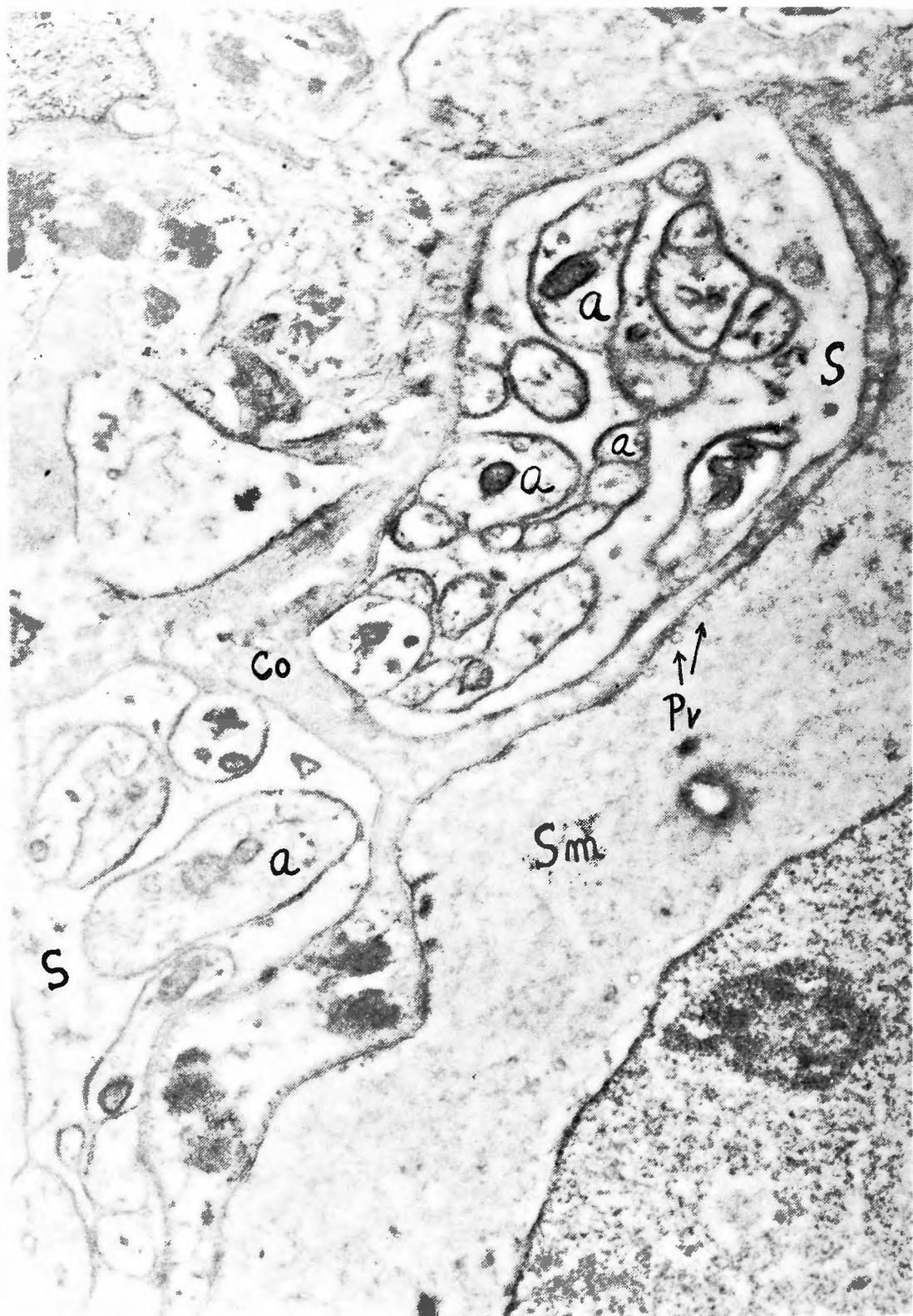


Fig. 10 The various forms of the section of these axons (a) suggest that they run at an angle with each other, sometimes giving branches, and at other times anastomosing each other. The pinocytotic vesicles (Pv) are found at the rim of the smooth muscle cell (Sm). ($\times 30000$)

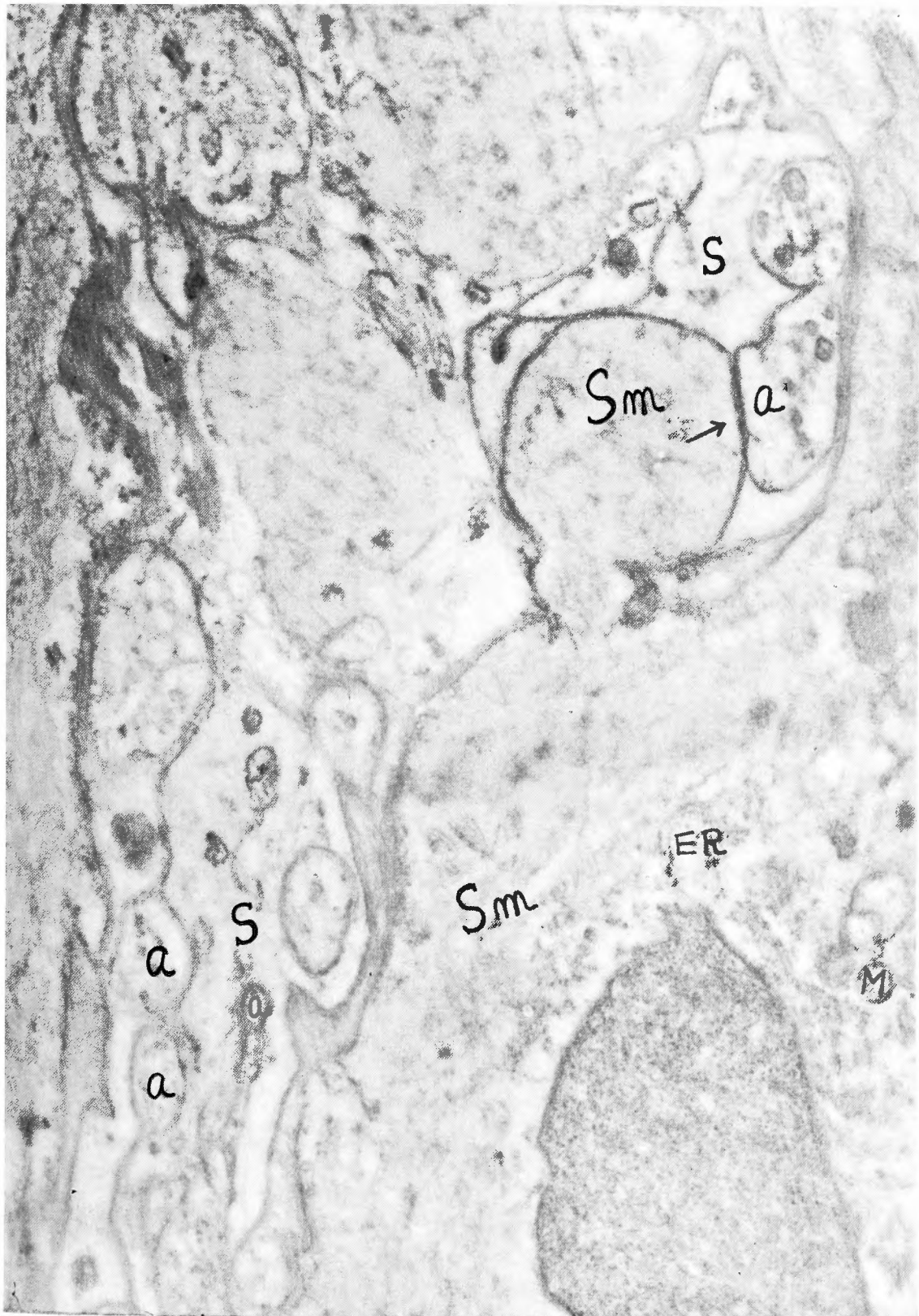


Fig. 11 The Schwann cell (S) closely surrounds the projective part of a smooth muscle cell (Sm) and the axon (a) touches it compactly as arrow shows. ($\times 30000$)

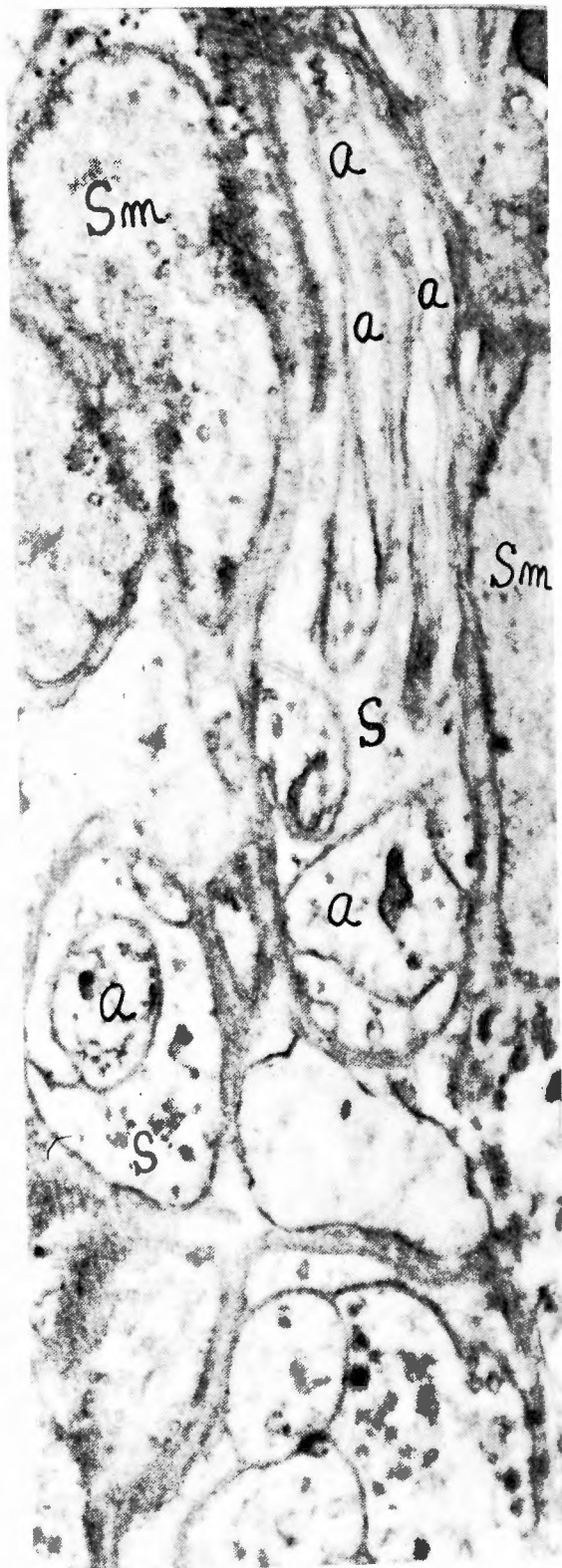
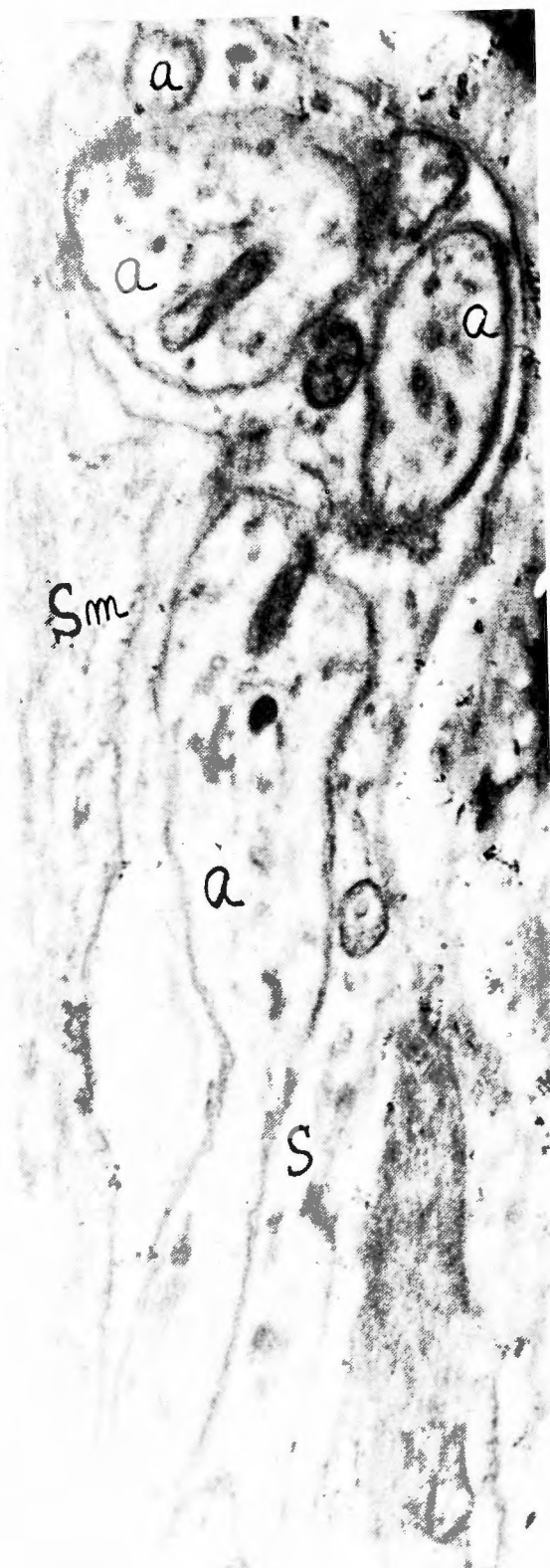


Fig. 12 The number of the axons (a) in the intermuscular spaces decreases gradually, and at last they become very few, sometimes only one. ($\times 48000$)

Fig. 13 From the behavior of the axon (a) the divergence of axons may be conceivable. ($\times 36000$)

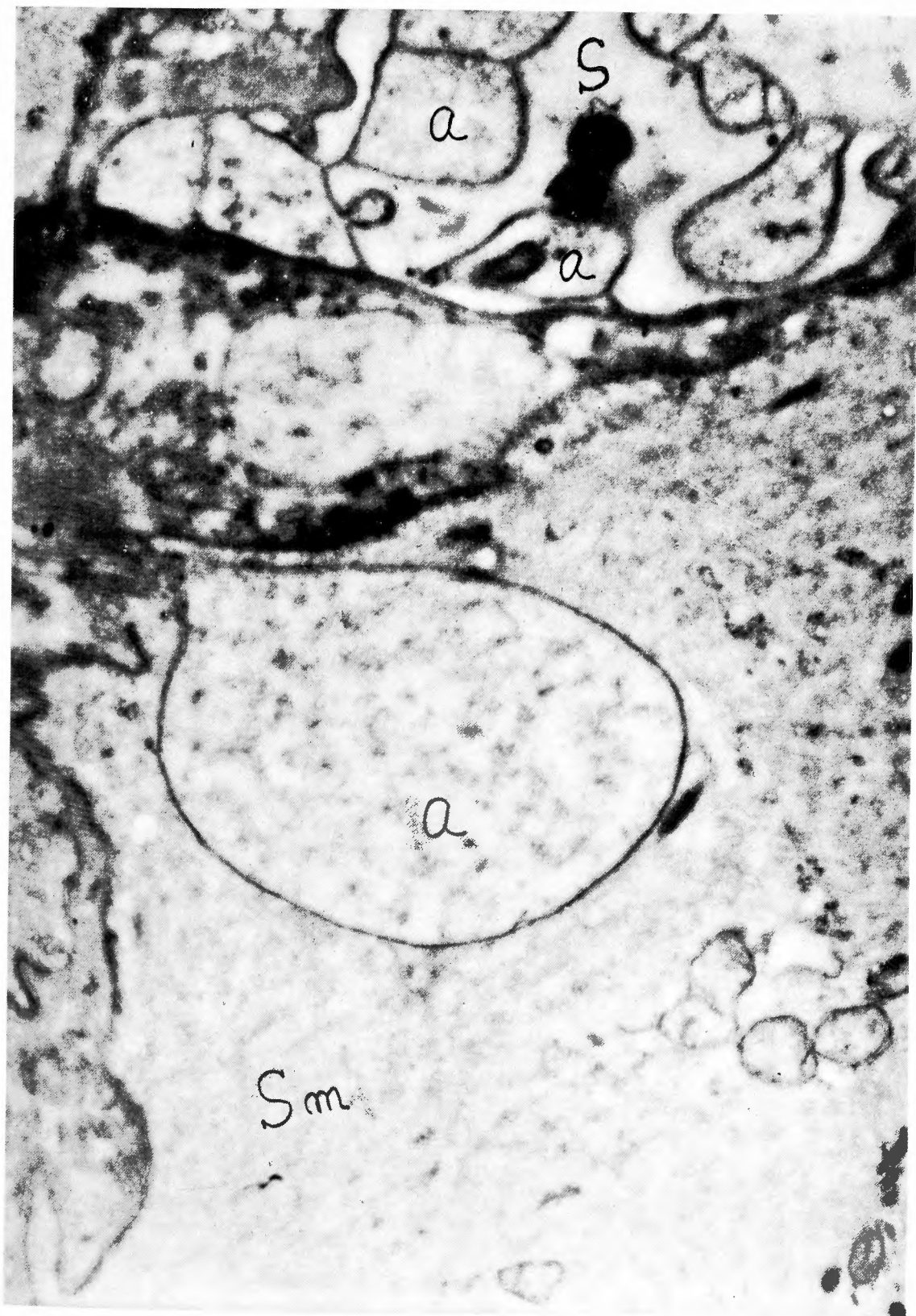


Fig. 14 The axon (a) is found in the smooth muscle cell (Sm). The axon looks as if it is enclosed with the smooth muscle cell. In this axon, neurofilaments are observed, but mitochondria and vesicles etc. are not visible. The axon is naked here, and the basement membrane of the muscle cell cannot be found. ($\times 30000$)

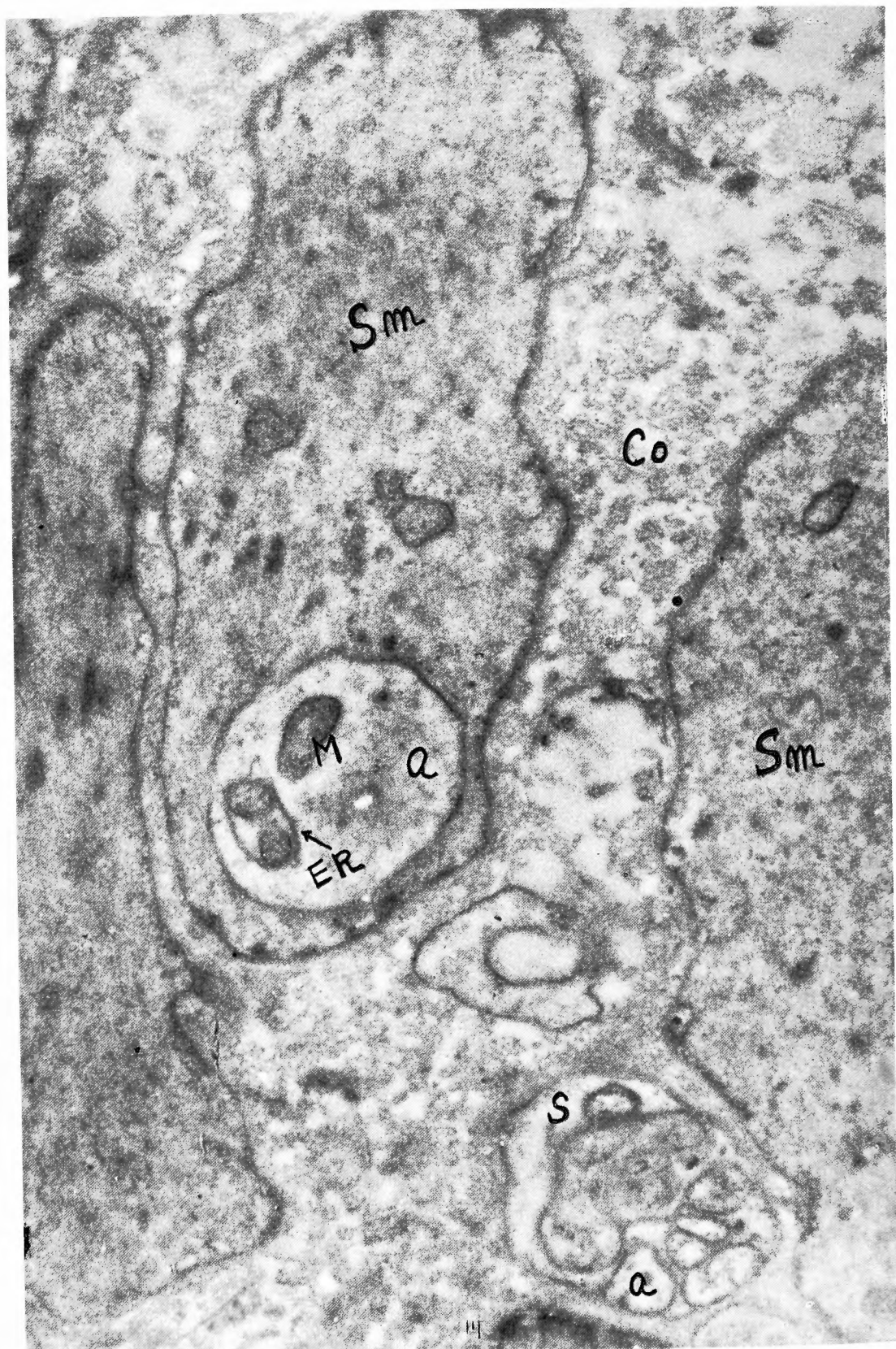


Fig. 15 The axon (a) is observed in a different smooth muscle cell (Sm) from that of Fig. 14. Another axon, which is covered with the Schwann cell (S) is found in the intermuscular space. ($\times 28000$)

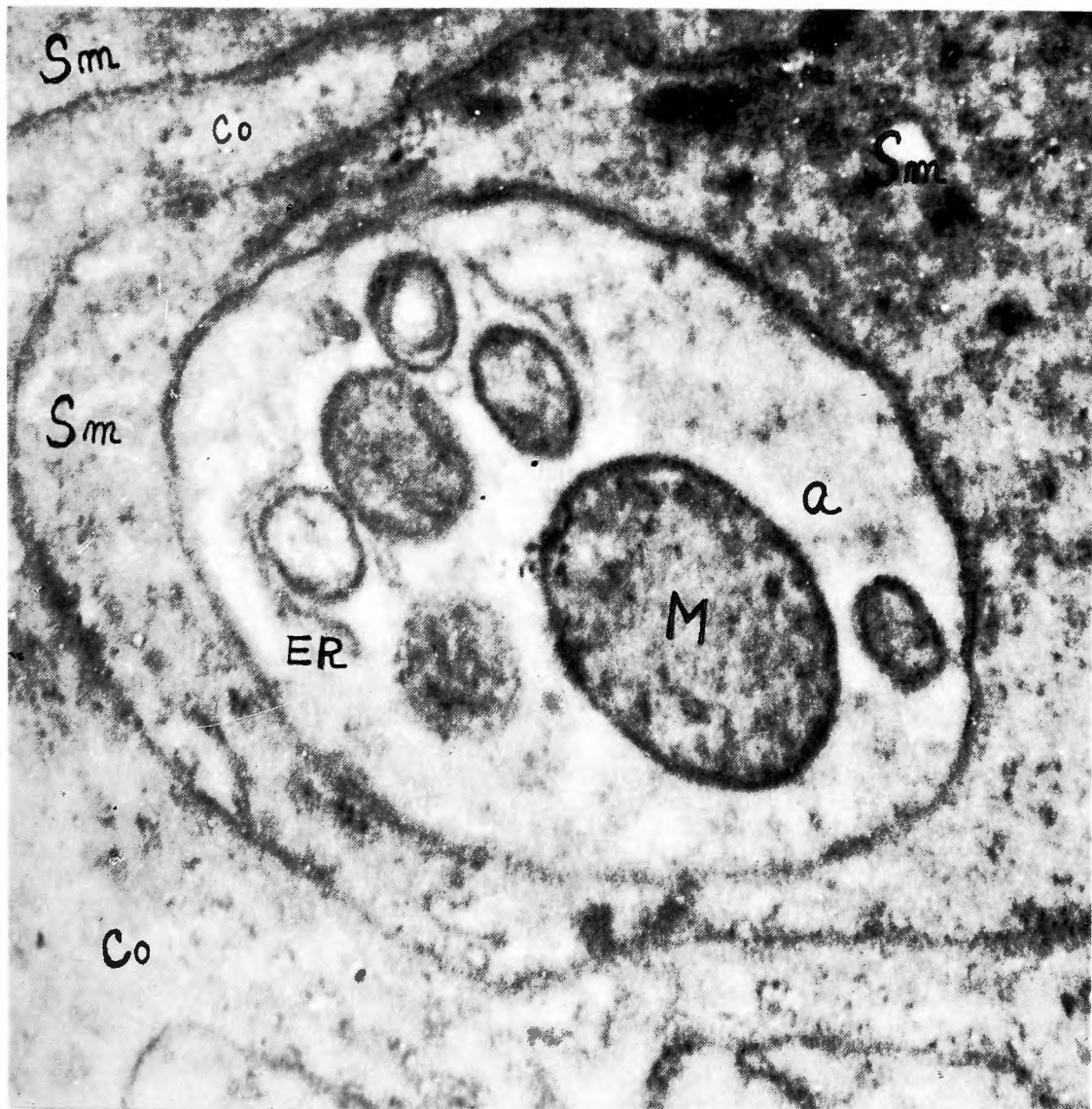


Fig. 16 The axon (a) is unsheathed in the smooth muscle cell (Sm). Its plasma membrane closely touches the muscle plasma membrane. In the axon, neurofilaments, mitochondria, and endoplasmic reticulum (ER) are found, and endoplasmic reticulum is situated in the vicinity of mitochondria (M). The number of the mitochondria is 8 per cross-section of axon. In this axon-muscle contact region, neither the axon nor the smooth muscle cell possesses what is called the synaptic vesicles. ($\times 69000$)

- worm. *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.*, **1**, 47, 1955.
- 6) De Robertis, E. D. P. and Franchi, C. H.: Electron Microscope Observations on Synaptic Vesicles in Synapses of the Retinal Rods and Cones. *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.*, **2**, 307, 1956.
 - 7) De Robertis, E. D. P.: Submicroscopic Changes of the Synapse after Nerve Section in the Acoustic Ganglion of the Guinea Pig. An Electron Microscope Study. *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.*, **2**, 503, 1956.
 - 8) De Robertis, E. D. P. and Vaz Ferreyra, A.: Submicroscopic Changes of the Nerve Endings in the Adrenal Medulla after Stimulation of the Splanchnic Nerve. *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.*, **3**, 611, 1957.
 - 9) De Robertis, E. D. P. and Sabatini, D.: Mitochondrial Changes in the Adrenocortex of Normal Hamsters. *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.*, **4**, 667, 1958.
 - 10) De Robertis, E. D. P.: Submicroscopic Morphology and Function of the Synapse. *Exp. Cell Research, Suppl.* **5**, 347, 1958.
 - 11) Edwards, G. A., Ruska, H., De Souza Santos, P. and Vallejo-Freire, A.: Comparative Cytophysiology of Striated Muscle with Special Reference to the Role of the Endoplasmic Reticulum. *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.*, **2**, No. 4, Suppl., 143, 1956.
 - 12) Edwards, G. A., Ruska, H. and De Harven, E.: Electron Microscopy of Peripheral Nerves and Neuromuscular Junctions in the Wasp Leg. *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.*, **4**, 107, 1958.
 - 13) Estable, C., Reissig, M. and De Robertis, E. D. P.: Microscopic and Submicroscopic Structure of the Synapses in the Ventral Ganglion of the Acoustic Nerve. *Exp. Cell Research*, **6**, 255, 1954.
 - 14) Gasser, H. S.: Properties of Dorsal Root Unmyelinated Fibers on the Two Sides of the Ganglion. *J. Gen. Physiol.*, **38**, 709, 1955.
 - 15) Gasser, H. S.: Olfactory Nerve Fibers. *J. Gen. Physiol.*, **39**, 473, 1956.
 - 16) Herzog, E.: Handbuch der speziellen pathologischen Anatomie und Histologie. **13**, 369, 1955.
 - 17) Hess, A.: The Fine Structure and Morphological Organization of Non-myelinated Nerve Fibers. *Proc. Royal. Soc. London, Series B*, **144**, 496, 1956.
 - 18) Ladman, A. J.: The Fine Structure of the Rod-Bipolar Cell Synapse in the Retina of the Albino Rat. *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.*, **4**, 459, 1958.
 - 19) Lever, J. D.: The Fine Structure of Brown Adipose Tissue in the rat with Observations on the Cytological Changes Following Starvation and Adrenalectomy. *Anat. Record*, **128**, 361, 1957.
 - 20) Low, F. N.: Mitochondrial Structure. *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.*, **2**, No. 4, Suppl., 337, 1956.
 - 21) Luse, S. A.: Electron Microscopic Observations of the Central Nervous System. *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.*, **2**, 531, 1956.
 - 22) Millen, J. W. and Rogers, G. E.: An Electron Microscopic Study of the Chorioid plexus in the Rabbit. *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.*, **2**, 407, 1956.
 - 23) Moore, D. M. and Ruska, H.: Electron Microscope Study of Mammalian Cardiac Muscle Cells. *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.*, **3**, 261, 1957.
 - 24) Palay, S. L. and Palade, G. E.: The Fine Structure of Neurons. *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.*, **1**, 69, 1955.
 - 25) Palay, S. L.: Synapses in the Central Nervous System. *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.*, **2**, No. 4, Suppl., 193, 1956.
 - 26) Palay, S. L.: The Morphology of Synapses in the Central Nervous System. *Exp. Cell Research, Suppl.* **5**, 275, 1958.
 - 27) Palade, G. E.: The Endoplasmic Reticulum. *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.*, **2**, No. 7, Suppl., 85, 1956.
 - 28) Robertson, J. D.: The Ultrastructure of a Reptilian Myoneural Junction. *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.*, **2**, 381, 1956.
 - 29) Sjöstrand, F. S. and Hanzon, V.: Membrane Structure of Cytoplasm and Mitochondria in Exocrine Cells of Mouse Pancreas as revealed by High Resolution Electron Microscopy. *Exp. Cell Research*, **7**, 393, 1954.
 - 30) Stöhr, P. jr.: Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen. **4**, 1957.
 - 31) Uzman, Betty Geren and Nogueira-Graf, Genevieve: Electron Microscope Studies of the Formation of Nodes of Ranvier in Mouse Sciatic Nerves. *J. Biophysic. and Biochem. Cytol.*, **3**, 589, 1957.